

Aus der Pharmakologischen Anstalt der Universität Basel

**Über den Einfluß der künstlichen Beatmung
auf den stillstehenden Kreislauf**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

GRET NIGGLI

von Aarburg (Kt. Aargau)

1958

Druck von Benno Schwabe & Co.

Basel



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546715_0066

Aus der Pharmakologischen Anstalt der Universität Basel

Über den Einfluß der künstlichen Beatmung auf den stillstehenden Kreislauf

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

GRET NIGGLI

von Aarburg (Kt. Aargau)



1958

Druck von Benno Schwabe & Co.

Basel

Von der Medizinischen Fakultät Basel genehmigt auf Antrag von
Professor Dr. med. K. Bucher

Tag der Promotion: 11. Juni 1958

Bei der Wiederbelebung Scheintoter gilt die erste Sorge dem Kreislauf. Das Blut muß wieder zu genügender Zirkulation gebracht werden. Dies kann durch geeignete Applikation von Arzneimitteln und auf mechanische Weise versucht werden. Hier wollen wir uns nur mit der letztgenannten Möglichkeit befassen.

In klinischen Verhältnissen ist heute die manuelle Herzmassage unter Eröffnung des Thorax die wirksamste Methode. Verschiedentlich wurde vermutet, daß auch die künstliche Beatmung mechanisch eine zirkulationsfördernde Wirkung haben könnte [1]. Untersuchungen am Hund [2] scheinen diese Vermutung zu bestätigen.

Wir haben uns die Aufgabe gestellt, den Einfluß einer künstlichen Beatmung auf den stillstehenden Kreislauf am Kaninchen zu untersuchen.

Methoden

Die Untersuchungen wurden an frisch getöteten Kaninchen von 2,5 bis 2,9 kg Körpergewicht vorgenommen.

Die Tiere wurden mit Urethan narkotisiert (1,4 g pro kg Körpergewicht in 20%iger Lösung subcutan) und in horizontaler Rückenlage fixiert. Zur Verhinderung der Blutgerinnung wurden 500–1000 Einheiten Heparin* pro kg Körpergewicht in 2 Minuten in eine Ohrdrainvene injiziert. 10 Minuten später wurden die Tiere mit Kaliumcyanid getötet (10 mg KCN pro kg Körpergewicht in 1%iger Lösung in ca. 30 Sekunden intravenös). Der Tod erfolgte innerhalb weniger Minuten. Vorversuche haben ergeben, daß das Herz bei dieser Todesart nach 3–5 Minuten stillsteht und nach längstens 12 Minuten auf die direkte mechanische Reizung einer intrakardialen Injektion nicht mehr reagiert. 15 Minuten nach der KCN-Injektion wurde mit den Versuchen begonnen.

Als erstes wurde 1 ml einer Suspension von radioaktiv markierten Erythrocyten intrakardial injiziert. Die Herzpunktion wurde ohne Eröffnung des Thorax vorgenommen. Bei einzelnen Versuchen wurde in die rechte, bei den andern in die linke Herzkammer injiziert.

Danach wurde durch eine Trachealkanüle künstliche Beatmung ausgeführt. Wir wählten eine Druck-Sog-Methode, da von einer solchen aus theoretischen Überlegungen der größte mechanische Effekt auf das Gefäßsystem zu erwarten ist [1]. Es wurde mittels einer 100 ml Spritze manuell beatmet (rhythmische Blähung bis +16 cm H₂O, vorsichtiges Entblähen bis –8 cm H₂O). Die Frequenz der Beatmung betrug 5 bis 8 pro Minute. Bei 5 Versuchen wurden insgesamt 200, bei 3 Versuchen 66 solche «Atemzüge» ausgeführt. Da die Ergebnisse beider Verfahren jedoch keine prinzipiellen Unterschiede erkennen ließen, wurden sie in der tabellarischen Zusammenstellung (Tab. 1 und 2) nicht getrennt aufgeführt.

* Wir danken der F. Hoffmann-La Roche & Co. AG. in Basel für das uns zur Verfügung gestellte Liquemin.

Nach Beendigung der künstlichen Beatmung wurden folgende Proben zur Untersuchung auf Radioaktivität entnommen: Blutproben aus: Vena renalis sin. – Vena cava inf. (abdominaler Teil) – Aorta descendens (abdominaler Teil) – Vena mesenterica – Venae jugulares – Arteria pulmonalis – Aorta ascendens – linkem und rechtem Herz. Organproben aus: Niere – Leber – Lunge – Muskulatur (linker Oberschenkel) – Myokard (linke Kammerwand) – Gehirn.

Versuche in derselben Anordnung aber unter Weglassung der künstlichen Beatmung dienten zum Vergleich. Aus unterschiedlichen Resultaten der Versuchsgruppen mit und ohne Beatmung mußte sich eine Wirkung der künstlichen Beatmung auf den stillstehenden Kreislauf erkennen lassen.

Schließlich wurden zur Ermittlung des zirkulierenden Blutvolumens und zur Abschätzung des mutmaßlichen prozentualen Blutgehaltes der untersuchten Organe auch noch einige Versuche an narkotisierten Kaninchen mit sonst intaktem Kreislauf durchgeführt. Diese Tiere wurden 10 Minuten nach der Injektion der markierten Erythrocyten getötet. Die Radioaktivität wurde in den gleichen Blut- und Organproben bestimmt wie oben beschrieben.

Gewinnung und Markieren der Erythrocyten

Dem Versuchstier wurden aus einer Ohrvene 3 ml Blut entnommen. Die Gerinnung wurde durch Heparin verhindert. Diesem Blut wurde zur radioaktiven Markierung der Erythrocyten ^{51}Cr enthaltendes Natriumchromat zugesetzt, pro ml Blut eine Menge von 40 Mikrocurie Aktivität und maximal 12 γ Chrom. Daraufhin wurde die Probe mit physiologischer Kochsalzlösung auf 6 ml verdünnt, eine halbe Stunde geschüttelt und eine weitere halbe Stunde bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Dann wurden die Erythrocyten durch Zentrifugieren von der Flüssigkeit getrennt, 2mal gewaschen und schließlich im gleichen Volumen physiologischer Kochsalzlösung suspendiert. 1 ml dieser Erythrocytensuspension wurde für den Versuch intrakardial injiziert, 0,5 ml wurden mit dem 5fachen Volumen Aq. dest. hämolysiert und zur Bestimmung der injizierten Aktivität verwendet.

Entnahme und Aufarbeitung der Blutproben

Die Blutproben wurden durch Punktion und Aspiration aus den aufgezählten Abschnitten des Gefäßsystems gewonnen. Durch Bewegung des Blutes infolge Saugwirkung bei der Entnahme könnte ein Einfluß der künstlichen Beatmung auf den stillstehenden Kreislauf vorgetäuscht werden. Es wurden daher vor jeglicher Gefäßpunktion folgende Stellen des Kreislaufs dicht unterbunden: Vena cava inf. und Aorta descendens knapp über dem Zwerchfell und unterhalb vom Abgang der Nierengefäße; die Vena renalis sin. an beiden Enden; die Vena mesenterica leberwärts und die Venae jugulares hirn- und herzwärts der Punktionsstellen; die Arteria pulmonalis und die Aorta ascendens unmittelbar über ihrem Ursprung aus dem Herz; beide Lungenhili. Das entnommene Blut wurde sofort mit der 5fachen Menge Aq. dest. hämolysiert. Gleiche Mengen dieser Lösungen wurden in gleicher Schichtdicke in Aluminiumschälchen unter einem Geigerzählrohr ausgezählt. Aus der Zählgeschwindigkeit (Ipm*) wurde die Aktivität des Blutes (als Ipm/ml) errechnet.

Gewinnung und Aufarbeitung der Organproben

Gewebsproben aus dem Rindenanteil beider Nieren, aus mehreren Leberlappen, aus peripheren Teilen beider Lungen, das ganze Gehirn, Muskelproben aus dem linken

* Impulse pro Minute.

Oberschenkel und die linke Kammerwand (nach Eröffnen und sorgfältigem Spülen aller Herzhöhlen) wurden mit der Schere zu feinem Brei zerkleinert. Davon wurden von Nieren, Leber, Lungen und Gehirn je 2 g mit 2 ml Aq. dest., vom Myokard 1 g mit 2 ml Aq. dest. und vom Muskel 1 g mit 3 ml Aq. dest. homogenisiert. Von den Homogenaten wurden je 1 ml in gleicher Schichtdicke in Aluminiumschälchen unter dem Geigerzählrohr ausgezählt. Daraus wurde die Aktivität der einzelnen Organe als Ipm/g errechnet.

Umrechnung der gefundenen Blut- und Organaktivitäten zu vergleichbaren Prozentwerten

Da die intrakardial injizierte Menge an Aktivität nicht genau gleich war (sie lag zwischen 55 000 und 77 000 Ipm), konnten die bei den verschiedenen Versuchen pro ml Blut und pro g Organ gefundenen Aktivitäten nicht unmittelbar miteinander verglichen werden. Wir rechneten sie daher in Prozentwerte um. Zum direkten Vergleich der Blut- mit den Organproben mußte auch noch der prozentuale Blutgehalt der Organe berücksichtigt werden. Dazu bestimmten wir zunächst an lebenden Kaninchen unter sonst möglichst gleichen Bedingungen (gleiches Körpergewicht, Urethannarkose, Fixation in Rückenlage, Heparinisierung, Untersuchung mit radioaktiv markierten Erythrocyten usw.) das zirkulierende Blutvolumen. Es betrug um 45 ml. Dieser Wert wurde auch für unsere toten Versuchstiere angenommen und dementsprechend für die Blutproben $\frac{1}{45}$ der gesamthaft injizierten Aktivität als 100% betrachtet. Durch die Injektion von radioaktiv markierten Erythrocyten am Lebenden ließ sich auch der prozentuale Blutgehalt der untersuchten Organe abschätzen. Er betrug für die Lungen um 40%, für Leber und Nieren um 20%, für das Myokard um 10% und für das Gehirn um 1%. (In der Oberschenkelmuskulatur konnte mit unserer Methode Aktivität auch bei Injektion der markierten Erythrocyten am Lebenden nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.) Wir übernahmen auch diese Werte für unsere toten Versuchstiere und betrachteten für die Organproben den dem prozentualen Blutgehalt entsprechenden Teil der gesamthaft injizierten Aktivität als 100%, also z. B. für die Lungen: pro g Organ $0,4 \times \frac{1}{45}$ der gesamthaft injizierten Aktivität in Ipm.

Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt.

Durch die intrakardiale Injektion und allfällige andere Manipulationen sind die radioaktiv markierten Erythrocyten bei den Versuchen ohne künstliche Beatmung einerseits bis in die Aorta descendens, andererseits bis in die Lungen und in Spuren bis ins rechte Herz gelangt. Bei den unter sonst genau gleichen Bedingungen durchgeführten Versuchen mit künstlicher Beatmung hat sich die Aktivität vom Injektionsort deutlich stärker ausgebreitet; sie erscheint auch auf der venösen Seite des Kreislaufs und ist in geringer Menge in Leber und Nieren nachweisbar. Die markierten Erythrocyten sind also durch die künstliche Beatmung tatsächlich transportiert worden und zum Teil bis in Organe hineingelangt.

Es stellt sich die Frage, in welcher Richtung dieser Transport vor sich geht. Bei den Versuchen mit künstlicher Beatmung ist die im venösen Teil des Körperkreislaufs gefundene Aktivität bei Injektion in den rechten Ventrikel nicht größer, sondern eher kleiner als bei Injektion in den linken Ventrikel. Das zeigt, daß zumindest ein Teil der in den Venen nachgewiesenen Aktivität durch Zirkulation des Blutes in normaler Richtung dorthin gelangt ist. Die in der Vena mesenterica gefundene Aktivität ist bei Injektion

Tabelle I
Aktivität in Blutproben (in Prozenten der pro ml des errechneten Blutvolumens injizierten Aktivität)

	Ort der Injektion der markierten Erythrocyten	Anzahl Versuche	Ort der Entnahme der Blutproben								
			Vena mesenterica	Vena renalis sin.	Vena cava inf.	Venae jugulares	Rechtes Herz	Arteria pulmonalis	Linkes Herz	Aorta ascendens	Aorta descendens
Am Toten mit Beatmung	linker Ventrikel	5	17	41	40	18	42	47	319	240	441
	rechter Ventrikel	3	4	56	51	4	77	170	61	197	233
	linker Ventrikel	2	0	0	0	0	9	27	497	1553	996
Am Lebenden	linker Ventrikel	2	141	91	114	86	98	71	100	105	115

0 bedeutet, daß mit der angewandten Methode Aktivität nicht sicher nachweisbar ist.

in den linken Ventrikel deutlich größer als bei Injektion in den rechten. Das deutet darauf hin, daß der Bluttransport durch die künstliche Beatmung in der normalen Zirkulationsrichtung überwiegt.

Tabelle 2

Aktivität in Organen (in Prozenten der bei intaktem Kreislauf zu erwartenden Aktivität, s. Text)

	Ort der Injektion der markierten Erythrocyten	Anzahl Versuche	Untersuchte Organe					
			Leber	Lunge	Myokard	Niere	Gehirn	Muskel
Am Toten mit Beatmung	linker Ventrikel	5	5	153	83	9	0	0
	rechter Ventrikel	3	23	361	4	11	0	0
	ohne Beatmung							
ohne Beatmung	linker Ventrikel	2	0	616	57	0	0	0
Am Lebenden	linker Ventrikel	2	102	101	101	101	119	0

0 bedeutet, daß mit der angewandten Methode Aktivität nicht sicher nachweisbar ist.

In der Leber läßt sich bei den Versuchen ohne künstliche Beatmung keine Aktivität nachweisen. Die nach künstlicher Beatmung gefundene Aktivität ist größer bei Injektion der markierten Erythrocyten in den rechten Ventrikel, obwohl dabei die in der Vena mesenterica gefundene Aktivität deutlich kleiner ist als bei Injektion in den linken Ventrikel. In die Leber dürfte die Aktivität also hauptsächlich durch einen Rückwärtstransport von Blut aus dem rechten Herz gelangt sein.

Bei den Versuchen mit künstlicher Beatmung finden sich markierte Erythrocyten in der Vena mesenterica, ohne Beatmung fehlen sie dort. Das beweist, daß künstliche Beatmung auch zu einem Bluttransport durch Kapillarsysteme führen kann.

Zusammenfassung

Mit Hilfe von radioaktiv markierten Erythrocyten wird am Kaninchen der Einfluß der künstlichen Beatmung auf den stillstehenden Kreislauf untersucht. Die Versuchstiere werden heparinisiert, mit Kaliumcyanid getötet und nach Injektion der markierten Erythrocyten ins linke oder ins rechte Herz durch eine Trachealkanüle mit einer Druck-Sog-Methode beatmet.

Dabei zeigt sich, daß durch die künstliche Beatmung ein Bluttransport bewirkt wird. Dieser Transport geht vom Injektionsort nach beiden Richtungen; er ist aber in der normalen Blutzirkulationsrichtung größer als

rückwärts. Das durch die künstliche Beatmung bewegte Blut gelangt auch durch Kapillarsysteme hindurch.

Die Arbeit wurde durch die «Roche» Studien-Stiftung (Basel) unterstützt.

1. *Bucher K.*: Anwendung und Aussichten einer Wiederbelebung. Schweiz. Apoth.-Ztg **93**, 49–56 (1955).
2. *Thompson S. A.*: The effect of pulmonary inflation and deflation upon the circulation. J. thorac. Surg. **17**, 323–334 (1948).

